



TUGAS AKHIR – SF141501

**EVALUASI DAN OPTIMASI WAKTU DENGUNG
RUANG PADA RUANG DENGUNG
(*REVERBERATION CHAMBER*) DEPARTEMEN
FISIKA INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER SURABAYA**

**MUCHAMMAD AKHIRUL AKBAR
NRP 1112100031**

**Dosen Pembimbing
Dr. Suyatno M.Si
Drs. Bachtera I, M,Si**

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**



TUGAS AKHIR – SF141501

**EVALUASI DAN OPTIMASI WAKTU DENGUNG
RUANG PADA RUANG DENGUNG
(*REVERBERATION CHAMBER*) DEPARTEMEN
FISIKA INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER SURABAYA**

**MUCHAMMAD AKHIRUL AKBAR
NRP 1112100031**

**Dosen Pembimbing
Dr. Suyatno M.Si
Drs. Bachtera I, M.Si**

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT – SF141501

**REVERBERATION TIME EVALUATION AND
OPTIMIZATION OF ECHO CHAMBER
DEPARTEMENT OF PHYSICS SEPULUH
NOPEMBER SURABAYA INSTITUT TECHNOLOGY**

**MUCHAMMAD AKHIRUL AKBAR
NRP 1112100031**

**Advisor
Dr. Suyatno M.Si
Drs. Bachtera I, M.Si**

**Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN**EVALUASI DAN OPTIMASI WAKTU DENGUNG
PADA RUANG GEMA JURUSAN FISIKA INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah

Tugas Akhir Program Strata 1

Departemen Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUCHAMMAD AKHIRUL AKBAR

NRP 1112 100 031

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Suyatno M.Si

NIP. 19760620200212.1.004

(.....)

Drs. Bachtera I, M.Si

NIP. 196104041991021001

(.....)

Surabaya, Juni 2017



EVALUASI DAN OPTIMASI WAKTU DENGUNG PADA RUANG GEMA JURUSAN FISIKA INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama : Muchammad Akhirul Akbar
NRP : 1112100031
Jurusan : Fisika, FMIPA ITS
Pembimbing : Dr. Suyatno M.Si
Drs. Bachtera I, M.Si

Abstrak

Sebagai fasilitas untuk menguji sifat material bahan, tingginya nilai waktu dengung pada ruang dengung di Departemen Fisika ITS menjadi tuntutan yang harus dipenuhi sesuai ISO:354(2003). Untuk menjadikan ruang dengung sesuai dengan persyaratan ISO:354(2003), pada penelitian ini dilakukan penambahan *reflektor* pada langit-langit ruang. Evaluasi dan Pengukuran yang dilakukan meliputi distribusi SPL serta nilai RT. Panel reflector yang dibuat berupa papan triplek setebal 3mm dengan bentuk segi tiga sama sisi yang memiliki panjang sisinya 60cm dan persegi panjang dengan dimensi 120cm x 60cm. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh peningkatan nilai RT sebesar 0,199 detik dengan penambahan panel reflektor berupa segitiga yaitu dari 4,91 detik menjadi 5,109 detik. Sedangkan untuk penambahan panel reflektor berupa persegi panjang diperoleh penurunan nilai RT sebesar 0,01 detik dari 4,91 detik menjadi 4,9 detik. Penambahan panel berbentuk segi tiga dan persegi panjang tidak merubah karakteristik ruangan yang berupa *diffuse* dengan waktu dengung rata – rata secara berturut – turut adalah 5,109 detik dan 4,9 detik. Peningkatan waktu dengung paling maksimal untuk ruang dengung Fisika ITS yaitu menggunakan panel reflektor segi tiga.

Kata kunci: Distribusi SPL, Panel Reflektor, Ruang Dengung,
Waktu Dengung

**REVERBERATION TIME EVALUATION AND
OPTIMIZATION OF ECHO CHAMBER
DEPARTEMEN OF PHYSICS SEPULUH
NOPEMBER SURABAYA INSTITUT TECHNOLOGY**

Name : Muchammad Akhirul Akbar
NRP : 1112100031
Major : Fisika, FMIPA ITS
Advisor : Dr. Suyatno M.Si
Drs. Bachtera I, M.Si

Abstract

As a facility to examine the material properties of materials, the high value of reverberation time in the echo chamber of the ITS Physics Department becomes a demand that must be met according to ISO: 354 (2003). To make the echo chamber in accordance with the requirements of ISO: 354 (2003), in this study, the addition of reflectors to the ceiling of the room is needed. Evaluation and Measurement conducted include SPL distribution and RT value. The reflector panel is made of 3 mm thick plywood board with an equilateral triangular shape with 60 cm long sides and rectangles with dimensions of 120 cm x 60 cm. Based on the measurement results, it is obtained an increase in RT value of 0.199 seconds with the addition of a triangle reflector panel that is from 4.91 seconds to 5.109 seconds. As for the addition of reflector panel in the form of rectangle is obtained the decrease in RT value of 0,01 second from 4,91 second to 4,9 second. The addition of triangular and rectangular panels did not change the characteristic of the difuse room with the average reverberation time of 5.109 seconds and 4.9 seconds, respectively. The maximum increase in reverberation time for the ITS Physics echo chamber is using a triangular reflector panel.

Keywords: Echo Chamber, Reflector Panels, Reverbertation Time, SPL Distribution

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul:

“EVALUASI DAN OPTIMASI WAKTU DENGUNG PADA RUANG GEMA JURUSAN FISIKA INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA”

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan moral dan spiritual terhadap keberhasilan penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Suyatno M.Si dan Bapak Drs. Bachtera I, M.Si selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M,si selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA ITS.
5. Seluruh Staff Pengajar di Jurusan Fisika ITS. Kepala Laboratorium Instrumentasi, Kepala Laboratorium Instrumentasi Akustik, dan juga segenap staff Tata Usaha yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Sahabat seperjuangan yang ada di Lab. Akustik antara lain Yusuf Haikal, Annas, Adib, Icha, Selvi, Befie, Regina, Gita, Habib, Sholeh, mas Awang, mas Novanto, mas Adis dan masih banyak lagi yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.
7. Retno Ajeng, Yulio Andreas dan Silvi atas bantuannya secara langsung dalam proses pengolahan data.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk dapat memahami serta mengembangkan ilmu yang berkaitan dengan waktu dengung.

Surabaya, 20 Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	iii
HALAMAN JUDUL.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	3
BAB II.....	5
DASAR TEORI.....	5
2.1 Bunyi	5
2.2 Perilaku Bunyi.....	6
2.2.1 Absorpsi (Penyerapan)	6
2.2.2 Refleksi (pemantulan)	7
2.2.3 Difusi Bunyi	7

2.3	Waktu Dengung.....	8
2.4	Ruang Dengung (<i>Reverberation Chamber</i>).....	8
2.5	Ruang Dengung Fisika ITS	10
BAB III.....		11
METODOLOGI		11
3.1	Tahap-tahap Penelitian	11
3.2	Penjelasan Diagram Alir	12
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		17
KESIMPULAN DAN SARAN		35
5.1	Kesimpulan.....	35
5.2	Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....		37
LAMPIRAN		38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Waktu dengung minimal untuk ruang gema.....	10
Tabel 4.1 Data <i>background noise</i> pada ruang dengung LAB Akustik Jurusan Fisika ITS	17
Tabel 4.2 Data SPL untuk di semua frekuensi pada ruang dengung LAB Akustik Jurusan Fisika ITS	18
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Waktu Dengung Ruang Gema ITS..	21
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Waktu Dengung Ruang Gema Fisika ITS dengan Panel Reflektor Segi Tiga	26
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Nilai Waktu Dengung Dengan Reflektor Persegi Panjang.....	29

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perilaku Bunyi yang Mengenai Bidang Batas	6
Gambar 3.1 Diagram alir pada penelitian	11
Gambar 3.2 Pemodelan Ruang Gema Fisika ITS	12
Gambar 3.3 Skema posisi sumber bunyi dan titik – titik ukur	13
Gambar 3.4 Posisi Panel dalam Ruang Gema Fisika ITS.....	14
Gambar 3.5 Posisi Panel Reflektor Persegi Panjang	15
Gambar 4.1 Plot nilai SPL Rata - Rata Ruang Gema Fisika ITS pada Semua Frekuensi	19
Gambar 4.2 Grafik Nilai Waktu Dengung pada Ruang Gema Fisika ITS.....	22
Gambar 4.3 Nilai Persebaran Waktu Dengung pada Frekuensi 315 Hz.....	22
Gambar 4.4 Nilai Persebaran Waktu Dengung pada Frekuensi 1000 Hz.....	25
Gambar 3.4 Posisi Panel dalam Ruang Gema Fisika ITS.....	24
Gambar 4.5 Arah Pantulan Bunyi dalam Ruang Gema Fisika ITS	25
Gambar 4.6 Persebaran Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 315 Hz Setelah Penambahan Panel Segi Tiga.....	27
Gambar 4.7 Persebaran Nilai SPL dengan Panel Reflektor Segi Tiga	28
Gambar 4.8 Persebaran Nilai SPL dengan Panel Reflektor Segi Tiga	29

Gambar 4.9 Persebaran Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 315 Setelah Penambahan Panel Persegi Panjang	31
Gambar 4.10 Plot Nilai SPL dengan Panel Reflektor Persegi Panjang	31
Gambar 4.11 Perbandingan Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 315 Hz	32
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Nilai Waktu Dengung pada Titik 4 dalam Ruang Gema ITS	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 100Hz..	39
Lampiran 2 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 125Hz..	39
Lampiran 3 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 160Hz..	40
Lampiran 4 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 200Hz..	40
Lampiran 5 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 250Hz..	41
Lampiran 6 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 315Hz..	41
Lampiran 7 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 400Hz..	42
Lampiran 8 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 500Hz..	42
Lampiran 9 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 630Hz..	43
Lampiran 10 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 800Hz	43
Lampiran 11 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 1000Hz	44
Lampiran 12 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 1250Hz	44
Lampiran 13 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 1600Hz	45
Lampiran 14 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 2000Hz	45
Lampiran 15 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 2500Hz	46
Lampiran 16 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 3150Hz	46

Lampiran 17 Plot Nilai Waktu Dukung pada Frekuensi 4000Hz	47
Lampiran 18 Plot Nilai Waktu Dukung pada Frekuensi 5000Hz	47
Lampiran 19 Persamaan Hubungan Perubahan Energi dengan Amplitudo	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas akustik dalam suatu ruangan ditentukan oleh parameter akustik yang berada pada ruangan tersebut. Salah satu parameternya adalah waktu dengung atau *reverberation time*. Waktu dengung adalah waktu yang diperlukan oleh suatu gelombang bunyi untuk meluruh sebesar 60 dB dimulai saat sumber suara dihentikan. Salah satu faktor yang mempengaruhi waktu dengung suatu ruangan yaitu koefisien absorpsi dari material yang ada dalam ruang. Terdapat beberapa cara untuk menentukan koefisien absorpsi bahan, salah satunya adalah dengan menggunakan pengukuran dalam ruang gema atau biasa disebut *Echo Chamber*. Ruang gema sendiri adalah ruang dimana distribusi dari intensitas suaranya adalah *diffuse* atau sama disemua titik dan memiliki waktu dengung dengan nilai yang sudah ditentukan. Ruang gema biasanya adalah suatu ruangan dengan volume yang besar agar bisa memiliki waktu dengung yang besar pula.

Saat ini, di laboratorium akustik departemen Fisika ITS telah dibangun ruang gema untuk melakukan berbagai macam pengukuran akustik, salah satunya koefisien absorpsi material. Namun nilai waktu dengung ruang belum optimal, sehingga perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan agar diperoleh nilai waktu dengung yang optimum.

Pada penelitian ini optimalisasi nilai RT dilakukan dengan penambahan panel reflektor berupa papan triplek berbentuk segi tiga sama sisi dengan panjang sisi 60 cm dengan ketebalan 3 mm dan bentuk persegi panjang dengan ukuran 120 cm x 60 cm. Harapannya setelah dilakukan penambahan panel

reflektor, maka akan diperoleh nilai RT yang optimum sesuai dengan standart untuk ruang dengung.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan permasalahan di atas maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah distribusi intensitas suara di ruang gema Fisika ITS adalah medan difuse atau bukan.
2. Apakah waktu dengung di ruang gema Fisika ITS sudah sesuai dengan ISO:354(2003) disemua titik.
3. Bagaimana cara meningkatkan performa ruang gema sehingga sesuai dengan ISO:354(2003).

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari peneltian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui distribusi intensitas suara di ruang gema Fisika ITS adalah medan difuse atau bukan.
2. Mengetahui waktu dengung di ruang gema Fisika ITS.
3. Mengetahui pengaruh distribusi intensitas suara dan waktu dengung dari penambahan partisi papan triplek berbentuk segi tiga dan persegi panjang dalam ruang gema Fisika ITS.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumber yang digunakan speaker *omnidirectional* dengan merek ACP.
2. Frekuensi yang digunakan selama pengukuran yaitu 100Hz hingga 5000Hz dengan filter 1/3 oktaf.
3. Titik pengukuran dilakukan di 8 titik yang diambil secara acak.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapat dari penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Dapat menjadi rujukan untuk perbaikan ruang gema jurusan fisika ITS untuk masa mendatang
2. Dapat menjadi rujukan penggunaan ruang gema sesuai dengan standart yang ada

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika penulisan tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu:

Bab 1: Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir.

Bab 2: Tinjauan Pustaka, berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir.

Bab 3: Metodologi Penelitian, berisi tentang metode dan tahap pengambilan data.

Bab 4: Analisa Data dan Pembahasan, berupa hasil data yang diperoleh, serta analisa yang dilakukan.

Bab 5: Kesimpulan, berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II DASAR TEORI

2.1 Bunyi

Bunyi atau suara adalah pemampatan mekanis atau gelombang longitudinal yang merambat melalui medium. Medium atau zat perantara ini dapat berupa zat cair, padat, gas. Jadi, gelombang bunyi dapat merambat misalnya di dalam air, batu bara, atau udara. Sebagai getaran mekanik, manusia dapat mendengar bunyi dalam rentang frekuensi antara 20 Hz sampai 20 kHz atau disebut audiosonik. Sementara suara di atas 20 kHz disebut ultrasonik dan di bawah 20 Hz disebut infrasonik (<http://www.podcomplex.com/guide/physics.html> diakses pada 19:21 11/01/2017).

Bunyi yang dapat didengar telinga manusia memiliki tekanan antara 20 μ Pa sampai 100 Pa. diluar jangkauan tekanan tersebut bunyi tidak dapat ditangkap oleh telinga karena akan menimbulkan rasa sakit pada telinga manusia. Dari penjelasan tersebut, berarti terdapat selang sebesar 10⁷ Pa. Karena selang tersebut sangat lebar maka digunakan skala logaritmis yang disebut tekanan bunyi atau SPL (*Sound Pressure Level*).

Nilai SPL ini adalah nilai logaritmik dari tekanan bunyi yang diukur relatif terhadap tekanan bunyi referensinya, secara matematis dapat diberikan dengan persamaan sebagai berikut (Prasetyo, 2003):

$$\text{SPL} = 20 \log\left(\frac{P}{P_{ac}}\right) \text{ dB} \quad (2.1)$$

Dengan:

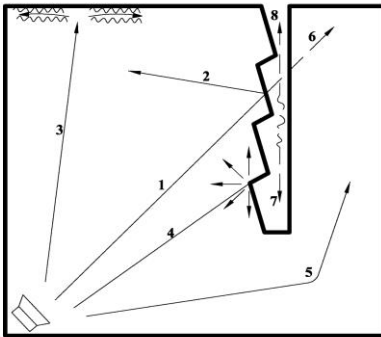
SPL : Tingkat tekanan bunyi (dB).

P : Tekanan bunyi yang diukur (Pa).

P_{ac} : Tekanan bunyi acuan yang besarnya 2.10⁻⁵ Pa.

2.2 Perilaku Bunyi

Gelombang bunyi memiliki sifat yang hampir sama dengan gelombang cahaya, yaitu dapat memantul sesuai Hukum Snellius ketika melewati bidang datar dan memantul tidak beraturan bila mengenai objek dengan bidang yang tidak teratur. Serta terserap dan diteruskan atau ditransmisikan saat mengenai objek yang terbuat dari material tertentu. Ketika mengenai objek yang memiliki celah, gelombang bunyi akan berusaha menerobosnya. Perilaku bunyi ketika mengenai objek tersebut lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.1** (Leslie, 1972).



Perambatan bunyi dalam ruang:

- Bunyi merambat pada medium (no. 1, 7, 8)
- Bunyi dipantulkan (no. 2)
- Bunyi diserap (no. 3)
- Bunyi ditransmisikan (no. 6)
- Bunyi didifraksikan (no. 4)
- Bunyi dibelokkan (no. 5)

Gambar 2.1 Perilaku Bunyi yang Mengenai Bidang Batas

2.2.1 Absorpsi (Penyerapan)

Efisiensi penyerapan bunyi pada frekuensi tertentu disebut koefisien penyerapan bunyi. Koefisien penyerapan bunyi adalah bagian dari energi gelombang bunyi yang diserap atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Koefisien ini dinyatakan dalam huruf α (*alfa*) yang bernilai antara 0 – 1. Semakin besar nilai α berarti bahwa semakin besar energi bunyi yang diserap. Contoh pada 500 Hz bila bahan akustik menyerap 65% dari energi bunyi datang dan memantulkan 35% energi bunyi tersebut, maka koefisien penyerapan bunyi bahan ini adalah 0,65. Nilai koefisien penyerapan bunyi bergantung pada frekuensi. Dengan kata lain ada kemungkinan terdapat perbedaan nilai koefisien penyerapan suatu bahan di tiap frekuensi (Leslie, 1972).

2.2.2 Refleksi (pemantulan)

Selain diserap, energi bunyi yang diterima oleh sebuah permukaan sebagian akan di pantulkan. Gejala pemantulan bunyi ini hampir sama dengan pemantulan cahaya, karena bunyi datang dan pantul terletak pada dalam bidang datar sama dan sudut gelombang bunyi datang sama dengan sudut gelombang bunyi pantul (hukum Snellius). Pemantulan bunyi hanya berlaku jika panjang gelombang bunyi lebih kecil dari ukuran permukaan pantul. Ini berarti bahwa penggunaan harus diperkirakan dengan cermat untuk bunyi dengan frekuensi rendah.

Permukaan pemantul cembung cenderung menyebarkan gelombang bunyi dan permukaan pemantul cekung cenderung mengumpulkan gelombang bunyi pantul dalam ruangan (Leslie, 1972).

2.2.3 Difusi Bunyi

Bila tekanan bunyi di setiap bagian suatu auditorium sama dan gelombang bunyi dapat menyebar ke segala arah, maka medan bunyi dikatakan serba sama. Dengan kata lain terjadi difusi bunyi atau persebaran bunyi di dalam ruang. Difusi bunyi yang cukup adalah ciri akustik yang diperlukan pada jenis-jenis ruangan tertentu seperti ruangan konser, studio radio dan rekaman, karena ruangan-ruangan tersebut membutuhkan distribusi bunyi yang merata, mengutamakan kualitas dan pembicaraan aslinya, dan menghalangi terjadinya efek akustik yang tidak diinginkan. Difusi bunyi dapat diciptakan dengan beberapa cara:

1. Pemakaian permukaan dan elemen penyebar yang tidak teratur dalam jumlah yang banyak seperti pilaster, pier, balok-balok, langit-langit yang terkotak-kotak, pagar balkon yang dipahat dan dinding yang bergerigi
2. Penggunaan lapisan permukaan pemantul bunyi dan penyerap bunyi secara bergantian
3. Distribusi lapisan penyerap bunyi yang berbeda secara tidak teratur dan acak

Harus diingat bahwa ukuran keseluruhan dari permukaan yang menonjol dan ukuran dari tampilan lapisan penyerap harus lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang bunyi dalam seluruh jangkauan frekuensi audio (Leslie, 1972).

2.3 Waktu Dengung

Reverberation Time (Waktu Dengung) yang sering disebut juga sebagai T60 yaitu waktu yang dibutuhkan bagi suara untuk melemah sampai saat melewati batas 60 dB sejak sumber suara dimatikan. Aspek yang mempengaruhi waktu dengan antara lain adalah volume ruang dan banyaknya bahan-bahan yang memiliki sifat menyerap/ meredam suara dan bahan-bahan yang memntulkan suara. Nilai waktu dengung dari suatu ruangan sendiri dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$T = \frac{0,16V}{A} \text{ sekon} \quad (2.2)$$

Dengan :

V = Volume ruangan (meter³)

A = Penyerapan total ruang (meter² sabine)

Waktu dengung minimal untuk masing-masing ruangan berbeda-beda tergantung fungsi dan kegunaan dari ruangan tersebut. (Asmoro, 2007).

2.4 Ruang Dengung (*Reverberation Chamber*)

Ruang dengung dalah ruang yang desain sehingga distribusi intensitas suara di setiap titik pada ruang menjadi sama dengan arah gelombang datang adalah acak. Selain itu ruang gema juga harus memiliki waktu dengung yang relatif tinggi. Berdasarkan ISO:354,2003 ukuran ruang gema disarankan 200 m³ dengan ukuran maksimal 500 m³ dan minimal 150 m³. Selain itu tiap permukaan didalam ruang dibuat sedemikian rupa sehingga tidak ada yang parallel/berhadapan untuk menghindari gelombang berdiri.

Selain distribusi SPL dan waktu dengung perlu diperhatikan juga nilai dari frekuensi *cut off* dan frekuensi kritis. Frekuensi *cut off* adalah frekuensi dimana dalam pengukuran

parameter akustik akan memiliki hasil yang tidak stabil dan frekuensi kritis adalah frekuensi

dimana dalam pengukuran parameter akustik

memiliki nilai yang tidak bisa diprediksi. Dimana frekuensi *cut off* dapat dihitung dengan persamaan (2.3) sedangkan frekuensi kritis dapat dihitung dengan persamaan (2.4) (Prasetya, 2003),

$$\text{Frekuensi } cut\ off = c / 2 \times \text{dimensi terpanjang ruang} \dots (2.3)$$

$$\text{Frekuensi kritis} = (3/2)[c/MFP] \dots (2.4)$$

$$MFP = 4V/S \dots (2.5)$$

Dengan:

V = Volume ruangan

S = Luas permukaan ruangan

c = Kecepatan suara 340 m/s.

Berdasarkan ISO: 354 nilai waktu dengung minimal untuk ruang gema dapat dilihat pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Waktu dengung minimal untuk ruang gema

frek (Hz)	RT (s)	frek (Hz)	RT (s)
100	0.338	800	0.04225
125	0.2704	1000	0.0338
160	0.21125	150	0.02704
200	0.169	1600	0.021125
250	0.1352	2000	0.0169
315	0.107302	2500	0.01352
400	0.0845	3150	0.01073
500	0.0676	4000	0.00845
630	0.053651	5000	0.00676

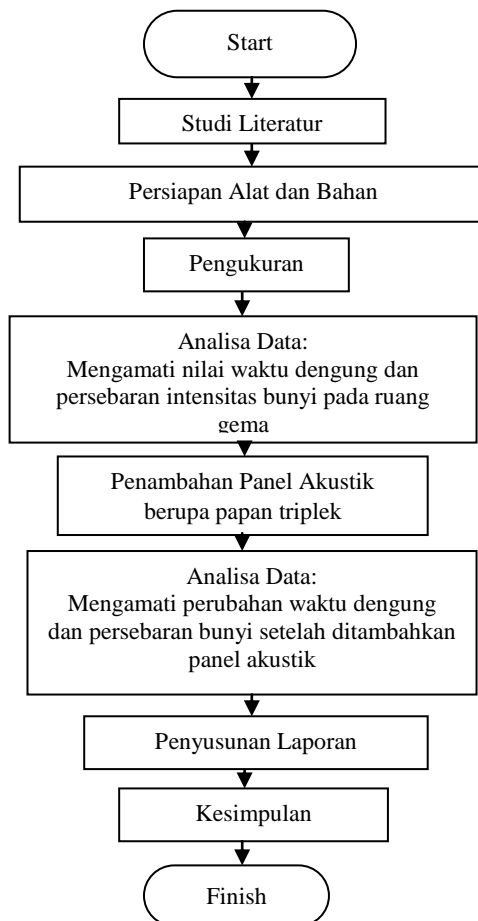
2.5 Ruang Dengung Fisika ITS

Ruang dengung Fisika ITS memiliki waktu dengung sekitar 5 detik. Ruang ini bisa digunakan untuk pengukuran kekuatan speaker, kalibrasi microphone, dan pengukuran koefisien absorpsi dari material. Dimana sumber suara yang digunakan adalah sumber suara *Omnidirectional*.

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahap-tahap Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini tahapan-tahapan yang ada mengikuti diagram alir adalah sebagai berikut

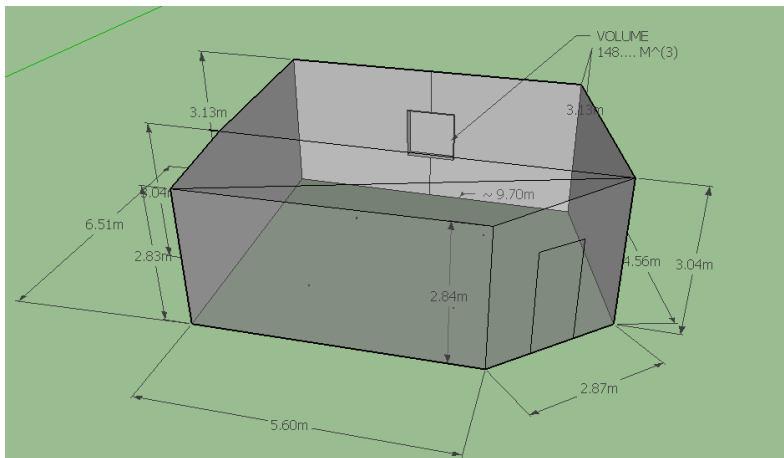


Gambar 3.1 Diagram alir pada penelitian

3.2 Penjelasan Diagram Alir

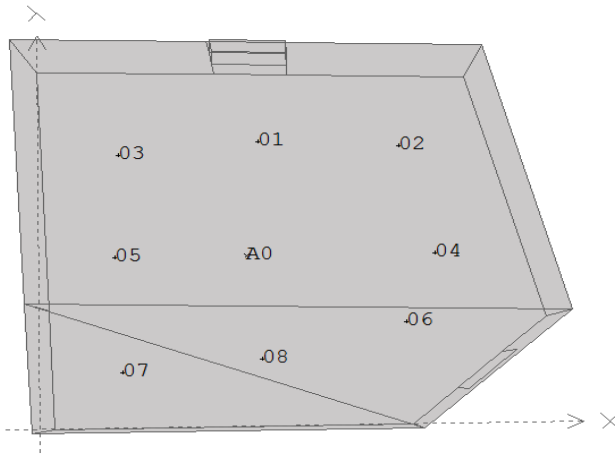
1. Tahap Observasi Awal

Pada tahap ini dilakukan pengukuran dimensi dari ruang gema Fisika ITS, pengukuran *Baground Noise*, pengukuran persebaran bunyi dan waktu dengung pada ruang gema Fisika ITS. Untuk dimensi dari ruang gema Fisika dapat dilihat pada **Gambar 3.2**



Gambar 3.2 Pemodelan Ruang Gema Fisika ITS

Sedangkan untuk pengukuran persebaran bunyi oleh speaker yang digunakan, perlu dilakukan penentuan titik-titik sebagai titik ukur. Penentuan titik ini diambil sebanyak 8 titik secara acak. Penempatan titik – titik ukur dapat dilihat pada **Gambar 3.3**



Gambar 3.3 Skema posisi sumber bunyi dan titik – titik ukur

2. Persiapan dan Pengaturan Peralatan

Pada tahap ini, dilakukan penggambaran dimensi ruang gema pada software, dilakukan pula studi literature lebih jauh untuk mempersiapkan bunyi-bunyi yang akan digunakan untuk pengukuran persebaran bunyi dan waktu dengung.

3. Pengambilan Data

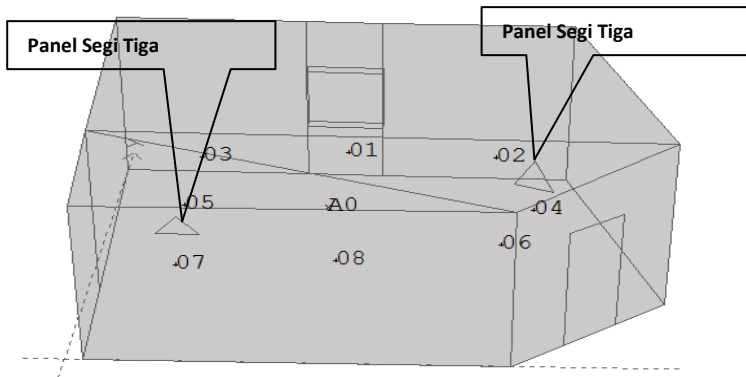
Pengambilan data dilakukan pada saat noise terendah yaitu malam hari. Data diambil dengan meletakkan *microphone* di titik-titik yang telah ditentukan dengan memberikan sinyal impuls respon dengan menggunakan software YMEC.

Untuk pengambilan data awal yaitu pengambilan nilai persebaran SPL dan waktu dengung dari ruang gema Fisika ITS. Dimana diambil 8 titik acak sebagai *receiver*. Untuk skema dari pengambilan ini dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.

Kemudian dilakukan beberapa simulasi bentuk dan posisi panel reflektor untuk meningkatkan waktu dengung. Kemudian didapatkan peningkatan waktu dengung yang paling baik menggunakan panel berbentuk

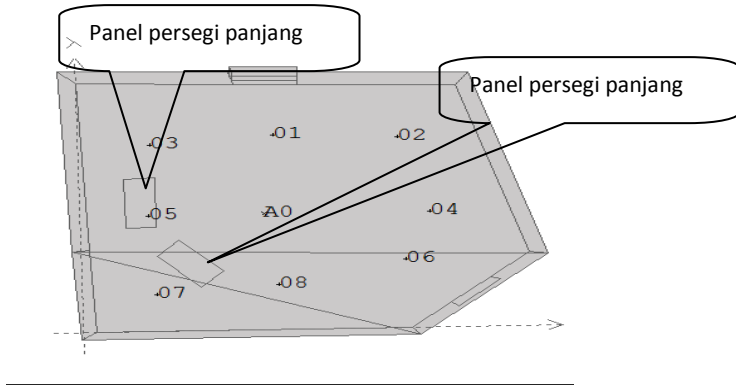
segi tiga dan persegi panjang. Pada penelitian ini, jenis reflektor yang digunakan adalah berupa papan triplek, pemilihan jenis ini disebabkan oleh nilai koefisien absorpsinya yang rendah pada frekuensi dibawah 1000 Hz.

Sedangkan skema untuk pengambilan data distribusi SPL dan waktu dengung setelah penambahan panel berbentuk segi tiga dapat dilihat pada **Gambar 3.4**



Gambar 3.4 Posisi Panel dalam Ruang Gema Fisika ITS

Kemudian untuk skema pengambilan data distribusi SPL dan waktu dengung setelah penambahan panel berbentuk persegi panjang dapat dilihat pada **Gambar 3.5**



Gambar 3.5 Posisi Panel Reflektor Persegi Panjang

4. Tahap Analisis Data dan Perhitungan

Analisis data dan perhitungan dilakukan setelah mendapatkan data. Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai persebaran bunyi dan waktu dengung ruang gema lalu membandingkan dengan hasil yang didapat saat setelah diberikan panel tambahan berupa papan triplek yang berbentuk segi tiga dan persegi panjang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengamatan Awal

Sebelum melakukan evaluasi terhadap karakteristik akustik dari ruang dengung, perlu kiranya dihitung nilai frekuensi *cut off* dari ruang, serta frekuensi kritis. Tujuannya adalah agar dapat diketahui rentan frekuensi yang tidak stabil dalam pengukuran. Berdasarkan persamaan (2.3) frekuensi *cut off* dari ruang dengung di Departement fisika adalah 40 Hz, sementara berdasarkan persamaan (2.4) nilai frekuensi kritis adalah 113,34 Hz. Nilai ini menunjukkan bahwa pada frekuensi 40 Hz hingga frekuensi 113,34 Hz pengukuran dalam parameter akustik akan memiliki hasil yang tidak stabil.

Selain frekuensi *cut off* dan frekuensi kritis, parameter lain yang juga diperlukan adalah *background noise*. Hal ini berfungsi untuk menentukan baik tidaknya nilai SPL yang didapat nanti. Nilai SPL didapat yang baik adalah minimal 10 dB lebih besar dibanding *background noise*. **Tabel 4.1** menunjukkan nilai *background noise* yang diperoleh dari hasil pengukuran (dalam dB).

Tabel 4.1 Data *background noise* pada ruang dengung LAB Akustik Jurusan Fisika ITS

Waktu (s)	<i>Background Noise</i> (dB)							
	titik 1	titik 2	titik 3	titik 4	titik 5	titik 6	titik 7	titik 8
1	53,45	52,07	52,58	52,32	53,01	52,6	52,28	52,23
2	52,38	51,71	52,98	51,95	52,71	52,24	51,92	52,28
3	52,95	52,13	52,19	51,84	52,94	52,44	52,08	52,35
4	52,32	51,61	52,61	52	52,41	51,9	52,46	52,37
5	53,25	52,34	52	52,34	53,29	52,1	52,09	53,32
6	52,9	52,52	52,9	51,68	53,2	52,16	52,66	52,91
7	52,69	51,6	52,2	51,55	52,74	52,13	52,07	51,73
8	53,01	52,2	52,68	51,84	52,78	51,6	52,4	53,19
9	52,46	52,03	52,73	51,85	52,7	51,77	52,38	52,1
10	53	52,28	52,58	52,1	52,32	52,24	52,62	52,23

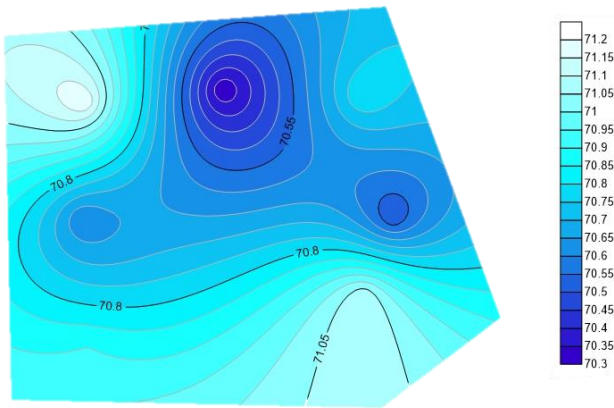
Berdasarkan pada **Tabel 4.1** maka dapat dilihat bahwa secara tidak langsung ruang dengung Fisika ITS bersifat *diffuse* dengan rentan nilai 51 dB hingga 53 dB di semua titik uji.

4.2 Hasil pengukuran *sound pressure level* (SPL)

Pengambilan distribusi SPL bertujuan untuk melihat apakah ruang tersebut bersifat *diffuse* atau tidak. Agar didapatkan nilai yang tidak terpengaruh oleh *background noise*, maka pengukuran dilakukan pada malam hari yaitu di atas pukul 22.00 WIB. Adapun sumber suara yang digunakan untuk mengukur SPL adalah *white noise* yang dihasilkan oleh speaker. **Tabel 4.2** menunjukkan data sebaran SPL yang didapat pada penelitian ini. Dengan sumber berupa speaker *omnidirectional* yang ditempatkan di tengah ruangan

Tabel 4.2 Data SPL untuk di semua frekuensi pada ruang dengung LAB Akustik Jurusan Fisika ITS

Waktu (s)	SPL (dB)							
	titik 1	titik 2	titik 3	titik 4	titik 5	titik 6	titik 7	titik 8
1	83,45	82,07	82,58	83,32	83,01	82,6	82,28	82,23
2	82,38	81,71	82,98	81,95	82,71	82,24	81,92	82,28
3	82,95	82,13	82,19	81,84	82,94	82,44	82,08	82,35
4	82,32	81,61	82,61	82	82,41	81,9	82,46	82,37
5	83,25	82,34	83	82,34	83,29	82,1	82,09	83,32
6	82,9	82,52	82,9	81,68	83,2	82,16	82,66	82,91
7	82,69	81,6	82,2	81,55	82,74	82,13	82,07	81,73
8	83,01	82,2	82,68	81,84	82,78	81,6	82,4	83,19
9	82,46	82,03	82,73	81,85	82,7	81,77	82,38	82,1
10	83	82,28	82,58	82,1	82,32	82,24	82,62	82,23



Gambar 4.1 Plot nilai SPL Rata - Rata Ruang Gema Fisika ITS pada Semua Frekuensi

Berdasarkan **Gambar 4.1** terlihat bahwa persebaran pada ruang dengung Fisika ITS baik dan merata, dimana dapat dilihat selisih dari setiap titik tidak sampai 3 dB. Nilai 3 dB adalah selisih SPL minimal telinga manusia dapat membedakan bunyi. Agar lebih jelas, kita ambil sebagian contoh 2 sumber bunyi dengan masing-masing SPL 83 dB (Prasetio, 2003).

$$83 = 10 \log \frac{W}{10^{-12}} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dari sini didapatkan daya per sumber bunyi adalah $W = 2 \times 10^{-4}$ watt, sehingga daya total 2 sumber bunyi adalah $W_{\text{total}} = 4 \times 10^{-4}$ watt. Dengan demikian tingkat daya total menjadi,

$$PWL_{\text{total}} = 10 \log \frac{4 \times 10^{-4}}{10^{-12}} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$PWL_{\text{total}} = 86 \text{ dB}$$

Terlihat disini bahwa penjumlahan daya tadi menyebabkan pertambahan sebesar 3 dB dimana nilai ini merupakan selisih SPL minimal telinga manusia dapat membedakan bunyi.

4.3 Hasil pengukuran waktu dengung

Penggunaan ruang dengung diantaranya adalah untuk menentukan koefisien absorpsi bahan. Dalam menentukan nilai koefisien absorpsi, maka diperlukan perubahan nilai waktu dengung ketika kosong dan ada material. Pengukuran waktu dengung sendiri dilakukan menggunakan software *Realtime Analyzer* dengan *measure time* pada impuls responnya adalah 2,731 s. Agar didapat nilai waktu dengung yang sesuai standart, pada penelitian ini dilakukan beberapa pengukuran dengan berbagai kondisi.

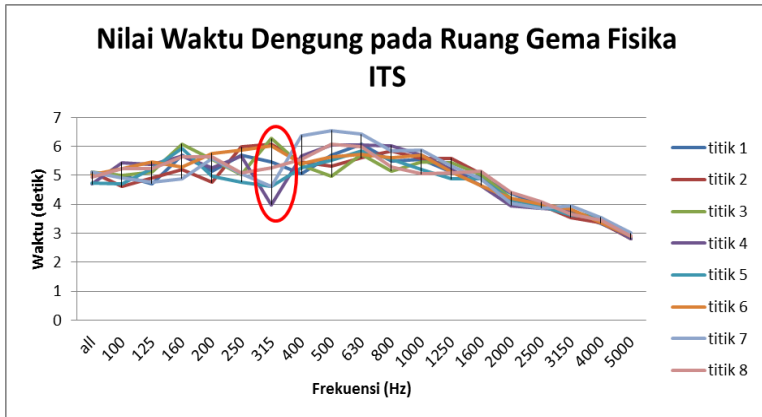
4.3.1 Hasil pengukuran waktu dengung sebelum dipasang panel (kondisi awal)

Seperti yang telah disampaikan pada sub-bab 4.3, untuk mengoptimalkan nilai RT, maka perlu diketahui nilai konsisi awal dari ruang. **Tabel 4.3** menunjukkan nilai RT ketika ruang sebelum dilakukan perubahan.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Waktu Dengung Ruang Gema ITS

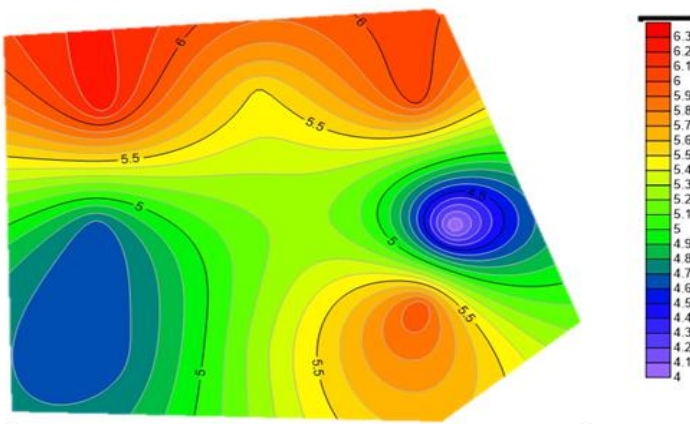
Titik		1	2	3	4	5	6	7	8
Waktu Dengung (s)	all frek	5,07	5,11	5,11	4,70	4,73	5,04	5,13	4,93
	100 Hz	4,99	4,62	5,00	5,45	4,70	5,23	4,90	5,24
	125 Hz	4,71	4,92	5,12	5,39	5,22	5,47	4,78	5,23
	160 Hz	5,69	5,19	6,08	5,68	5,92	5,30	4,89	5,65
	200 Hz	5,15	4,76	5,55	5,27	4,98	5,77	5,57	5,64
	250 Hz	5,70	5,99	5,02	5,67	4,77	5,87	5,05	5,09
	315 Hz	5,48	6,07	6,27	3,98	4,63	6,01	4,62	5,26
	400 Hz	5,05	5,47	5,36	5,68	5,25	5,40	6,38	5,54
	500 Hz	5,71	5,31	4,96	6,06	5,52	5,63	6,55	6,09
	630 Hz	6,08	5,60	5,73	6,05	5,86	5,73	6,42	5,99
	800 Hz	5,51	5,85	5,16	6,03	5,54	5,60	5,85	5,30
	1000 Hz	5,56	5,57	5,47	5,69	5,21	5,71	5,88	5,05
	1250 Hz	5,13	5,59	5,45	5,21	4,88	5,13	5,31	5,08
	1600 Hz	4,94	5,07	5,03	4,66	4,89	4,66	4,88	5,16
	2000 Hz	4,39	4,14	4,22	3,95	4,15	4,20	4,05	4,42
	2500 Hz	3,99	3,99	3,90	3,87	3,95	4,01	3,87	4,09
	3150 Hz	3,74	3,55	3,75	3,79	3,63	3,84	3,96	3,67
	4000 Hz	3,35	3,38	3,52	3,39	3,55	3,37	3,54	3,44
	5000 Hz	2,86	2,81	2,80	2,81	2,90	2,90	3,01	2,89

Berdasarkan **Tabel 4.3** dari data yang didapat untuk nilai waktu dengung pada ruang Gema Fisika ITS sudah cukup baik. Ini terlihat dari sebagian besar sudah melebihi nilai waktu dengung yang disarankan pada ISO:354. Hanya pada beberapa titik saja yang memiliki nilai dibawah dari nilai yang disarankan. Untuk memperjelas pengamatan dapat dilihat pada Grafik 4.1.



Gambar 4.2 Grafik Nilai Waktu Dengung pada Ruang Gema Fisika ITS

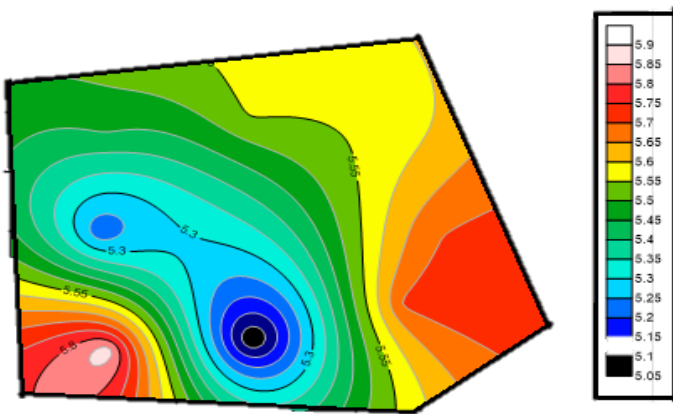
Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pada titik 4 untuk frekuensi 315 Hz memiliki nilai waktu dengung dibawah dari nilai waktu dengung yang disarankan. Nilai plot waktu dengung untuk frekuensi 315 Hz dari semua titik dapat dilihat pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.3 Nilai Persebaran Waktu Dengung pada Frekuensi 315 Hz

Berdasarkan pada Gambar 4.2 maka diperlukanlah *treatment* pada waktu dengung terutama di titik 4. Salah satu *treatment* adalah penambahan panel *reflector*. Tujuannya adalah untuk memantulkan bunyi kearah titik yang akan diberi *treatment*. Adapun untuk memperoleh nilai RT yang diinginkan, terlebih dulu dilakukan simulasi terhadap posisi dan bentuk panel yang digunakan.

Selain pada frekuensi 315, nilai RT pada frekuensi 1000 Hz disemua titik sudah diatas dari nilai minimum waktudengung sesuai dari ISO: 354. **Gambar 4.3** menunjukkan distribusi RT pada frekuensi 1000 Hz.



Gambar 4.4 Nilai Persebaran Waktu Dengung pada Frekuensi 1000 Hz

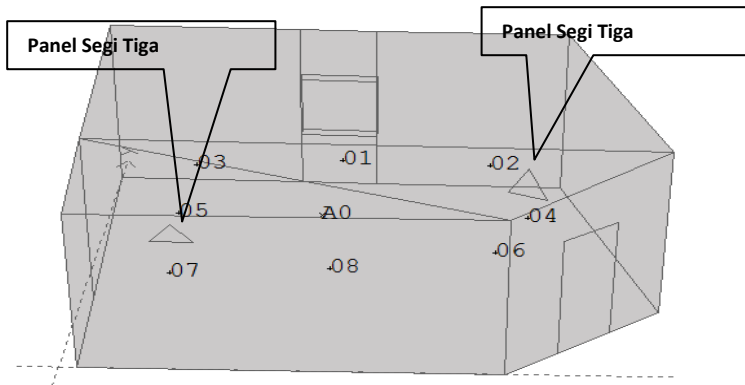
4.3.2 Pengukuran waktu dengung setelah dipasang panel

Seperti yang telah disampaikan pada sub-bab 3.2 dalam penelitian ini, sebelum menentukan jenis dan bentuk panel yang diputuskan, telah dilakukan simulasi penambahan panel dengan berbagai ukuran seperti segi enam, segi lima dan segi delapan.

Berdasarkan hasil simulasi terhadap berbagai bentuk panel, maka panel segitiga dan persegi panjang dinilai paling efektif.

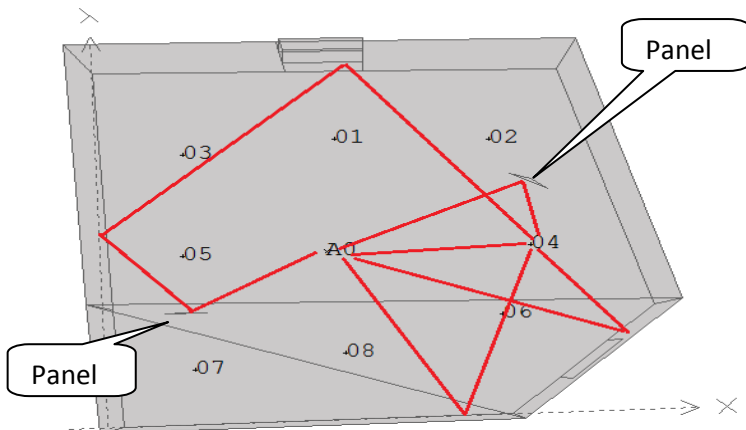
4.3.2.1 Hasil Pengukuran Waktu Dengung Menggunakan Panel Segitiga

Berdasarkan hasil simulasi, bentuk panel yang mampu meningkatkan nilai RT adalah segitiga. Dalam prakteknya panel yang digunakan terbuat dari papan triplek tipis dengan tebal 3 mm yang dilapisi oleh pelitur agar tidak ada rongga pada panel yang dapat mengurangi pantulan pada bunyi. Adapun posisi panel segitiga ini dengan ketinggian 1,2m, seperti terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.2 Posisi Panel dalam Ruang Gema Fisika ITS

Terlihat seperti pada **Gambar 3.4** panel diletakkan dalam posisi seperti itu disebabkan karena nilai waktu dengung pada titik 4 yang masih dibawah nilai waktu dengung yang disarankan, Tujuannya adalah agar pada titik 4 dapat menerima lebih banyak bantulan dari sumber bunyi. Sehingga panel ditempatkan dengan tujuan meningkatkan waktu dengung pada titik 4. **Gambar 4.4** menunjukkan arah pantulan dari sumber bunyi pada ruang dengung Fisika ITS.



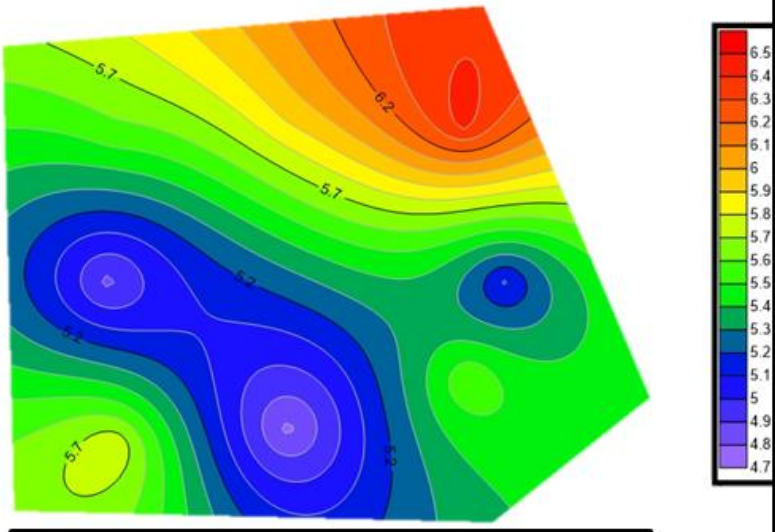
Gambar 4.3 Arah Pantulan Bunyi dalam Ruang Gema Fisika ITS

Melalui hasil pengukuran terhadap pengaruh posisi reflektor, diperoleh nilai perubahan RT seperti terlihat pada **Tabel 4.5** dan **4.6**.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Waktu Dengung Ruang Gema Fisika ITS dengan Panel Reflektor Segi Tiga

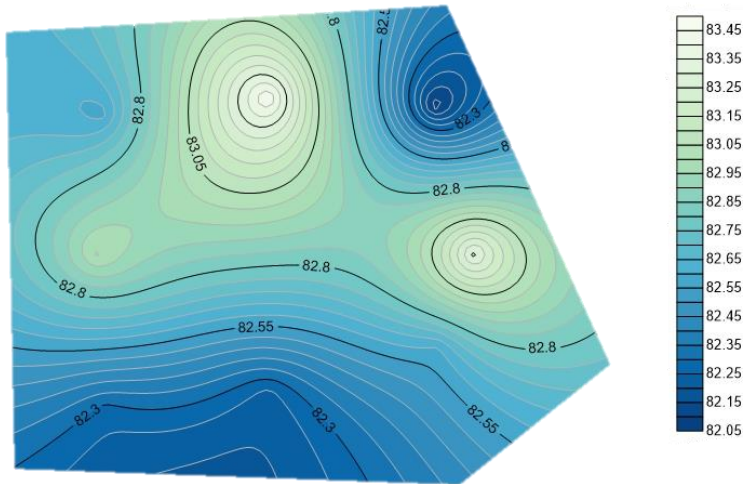
Titik		1	2	3	4	5	6	7	8
Waktu Dengung (s)	all frek	5,218	5,247	5,3	4,872	5,166	4,995	5,198	4,876
	100 Hz	6,972	5,766	6,597	9,037	6,587	6,112	4,599	4,739
	125 Hz	6,076	5,904	5,746	5,709	5,654	5,832	5,22	5,589
	160 Hz	5,269	5,346	4,575	4,947	4,767	4,959	4,788	5,033
	200 Hz	4,651	4,947	5,051	5,281	5,037	4,671	4,672	4,503
	250 Hz	5,678	5,068	6,222	5,599	5,44	5,282	4,784	5,21
	315 Hz	5,919	6,43	5,559	5,083	4,873	5,594	5,792	4,773
	400 Hz	5,116	6,056	5,584	5,619	5,953	5,197	5,734	5,586
	500 Hz	5,634	5,604	5,914	5,3	5,62	5,55	5,492	5,137
	630 Hz	6,085	5,496	5,808	4,822	6,107	5,112	5,695	5,872
	800 Hz	5,93	5,54	5,841	5,577	5,573	5,238	5,672	5,35
	1000 Hz	5,285	5,138	5,479	5,001	5,451	5,667	5,119	5,639
	1250 Hz	5,214	5,439	5,037	4,964	5,166	5,458	5,181	5,458
	1600 Hz	4,66	4,977	4,877	4,789	4,67	5,107	5,006	4,847
	2000 Hz	4,158	4,028	4,373	4,229	4,172	4,277	4,372	4,039
	2500 Hz	3,922	3,912	3,942	3,974	4,043	4,078	4,13	3,984
	3150 Hz	3,682	3,773	4,118	3,883	3,868	3,805	3,943	3,852
	4000 Hz	3,399	3,225	3,41	3,437	3,124	3,342	3,473	3,497
	5000 Hz	2,877	2,875	2,877	2,83	2,765	2,888	2,871	2,806

Dari **Tabel 4.5** dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai RT pada titik 4 dengan frekuensi 315 sebesar 1,1 detik. Tidak hanya itu, kenaikan nilai waktu dengung itu juga dialami di sebagian besar titik dan frekuensi. Ini dapat dilihat pada **Gambar 4.5**



Gambar 4.4 Persebaran Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 315 Hz Setelah Penambahan Panel Segi Tiga

Tidak hanya itu, penambahan panel juga tidak mengganggu nilai persebaran SPL dari ruangan itu sendiri. **Gambar 4.6** menunjukkan distribusi SPL setelah dilakukan penambahan reflektor



Gambar 4.5 Persebaran Nilai SPL dengan Panel Reflektor Segi Tiga

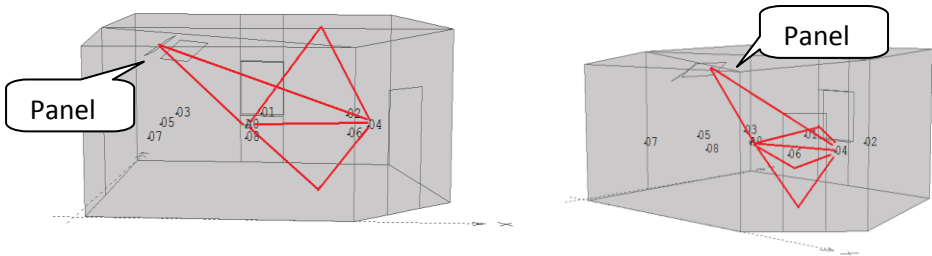
Dari **Gambar 4.6** dapat disimpulkan bahwa meskipun diberikan tambahan panel reflektor nilai persebaran dari SPL itu sendiri masih merata karena nilai selisih dari setiap titik masih dibawah 3dB dimana 3 dB adalah selisih SPL minimal telinga manusia dapat membedakan bunyi.

4.3.2.2 Hasil Pengukuran Waktu Dengung Menggunakan Panel Persegi Panjang

Selain menggunakan panel reflektor berbentuk segitiga, upaya untuk meningkatkan nilai dari waktu dengung dilakukan dengan menggunakan panel *reflector* dengan bentuk persegi panjang. Ini dilakukan sebagai referensi untuk perbandingan dengan menggunakan panel reflektor segi tiga. Posisi untuk panel reflektornya sendiri diletakkan dengan posisi seperti **Gambar 3.5**.

Berdasarkan pada **Gambar 3.5** panel diletakkan dalam posisi seperti itu disebabkan karena nilai waktu dengung pada titik 4 yang masih dibawah nilai waktu dengung yang disarankan, sehingga panel ditempatkan dengan tujuan meningkatkan waktu

dengung pada titik 4. **Gambar 4.7** menunjukkan arah pantulan bunyi setelah diberi panel *reflector* persegi panjang.



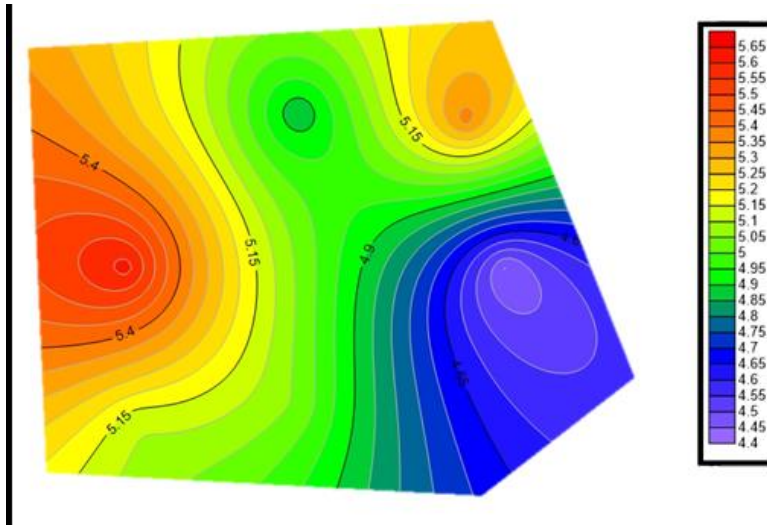
Gambar 4.6 Persebaran Nilai SPL dengan Panel Reflektor Segi Tiga

Berdasarkan hasil pengukuran dengan posisi reflektor seperti pada **Gambar 4.7**, diperoleh hasil pengukuran waktu dengung seperti pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Nilai Waktu Dengung Dengan Reflektor Persegi Panjang.

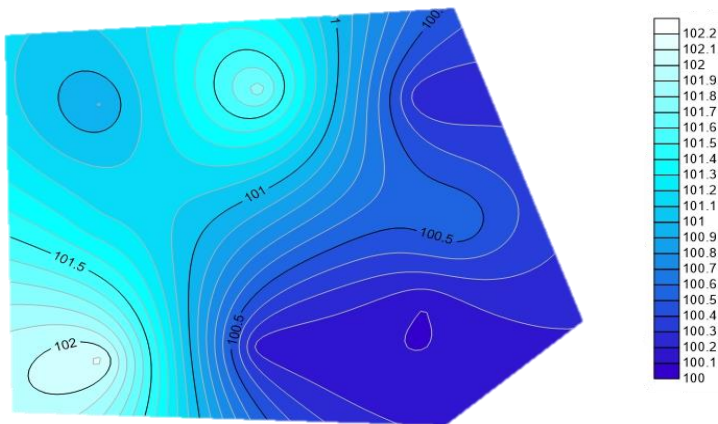
Titik		1	2	3	4	5	6	7	8
Waktu Dengung (s)	all frek	4,747	5,143	4,915	4,887	4,904	4,66	4,944	4,993
	100 Hz	5,715	5,406	6,662	8,188	6,666	5,79	5,039	6,657
	125 Hz	4,844	4,928	5,337	4,668	4,75	4,684	4,237	5,579
	160 Hz	4,57	4,567	4,223	5,275	4,729	4,078	4,828	4,325
	200 Hz	4,837	5,587	5,452	5,178	5,311	4,734	4,747	5,015
	250 Hz	5,413	4,563	5,724	5,058	5,347	4,318	4,675	4,963
	315 Hz	4,855	5,375	5,271	4,446	5,623	4,621	5,112	5,039
	400 Hz	5,542	6,09	5,379	5,8	5,306	5,134	5,559	6,171
	500 Hz	5,012	6,285	5,676	5,639	5,829	5,01	6,228	5,543
	630 Hz	5,48	5,854	5,756	5,334	5,439	5,917	6,364	5,431
	800 Hz	5,197	5,385	5,174	5,568	5,267	5,579	5,682	5,249
	1000 Hz	5,203	5,588	5,738	5,26	5,384	4,948	5,385	5,006
	1250 Hz	5,007	5,362	5,418	5,243	5,048	5,358	5,3	4,984
	1600 Hz	4,795	4,71	4,903	4,855	4,714	4,772	4,691	4,706
	2000 Hz	4,143	4,261	4,234	4,288	3,935	3,73	4,478	4,223
	2500 Hz	4,069	3,913	3,879	4,071	4,007	3,989	3,826	3,856
	3150 Hz	3,852	3,849	3,641	3,644	3,848	3,877	3,612	3,584
	4000 Hz	3,339	3,348	3,465	3,234	3,333	3,366	3,241	3,365
	5000 Hz	2,703	2,858	2,818	2,845	2,76	2,717	2,794	2,918

Merujuk pada **Tabel 4.6** diatas dapat dilihat bahwa penambahan panel reflektor berbentuk persegi panjang juga dapat meningkatkan nilai dari waktu dengung pada sebagian besar titik dan frekuensi, walaupun kenaikan tidak terlalu signifikan pada titik 4 khususnya frekuensi 315 Hz. Nilai persebaran waktu dengung disemat titik pada frekuensi 315 dapat dilihat pada **Gambar 4.8**



Gambar 4.7 Persebaran Nilai Waktu Dukung pada Frekuensi 315 Setelah Penambahan Panel Persegi Panjang

Sementara untuk persebaran perubahan SPL dalam ruang itu sendiri dapat dilihat pada **Gambar 4.9**

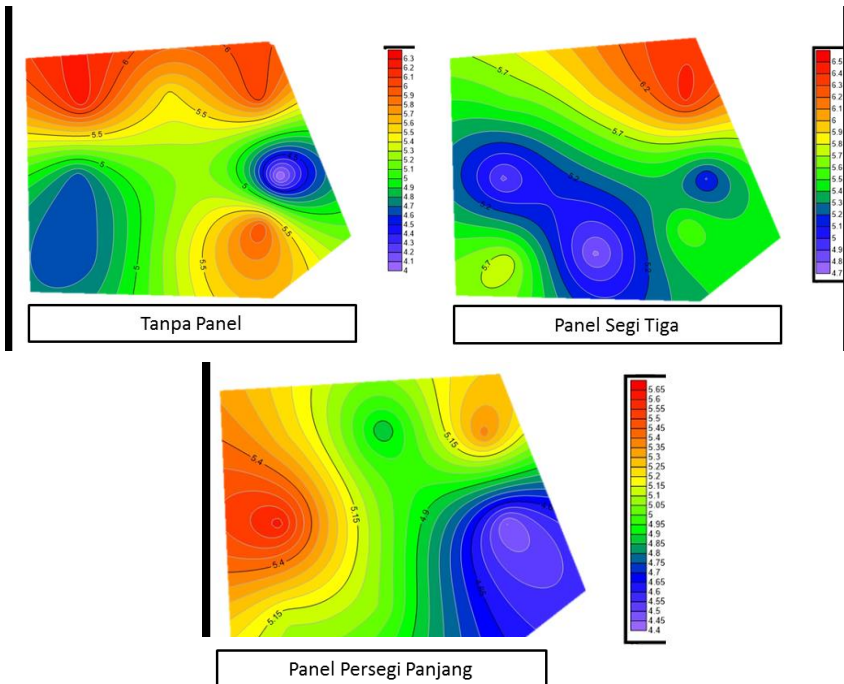


Gambar 4.8 Plot Nilai SPL dengan Panel Reflektor Persegi Panjang

Dari **Gambar 4.9** dapat disimpulkan bahwa penambahan panel persegi panjang tidak merubah karakteristik *diffuse* dari ruang gema Fisika ITS. Dapat dilihat *range* dari nilai persebaran SPL itu sendiri berkisar antara 99,1 dB hingga 101,8 dB dimana selisihnya masih dibawah 3 dB. 3 dB adalah selisih SPL minimal telinga manusia dapat membedakan bunyi.

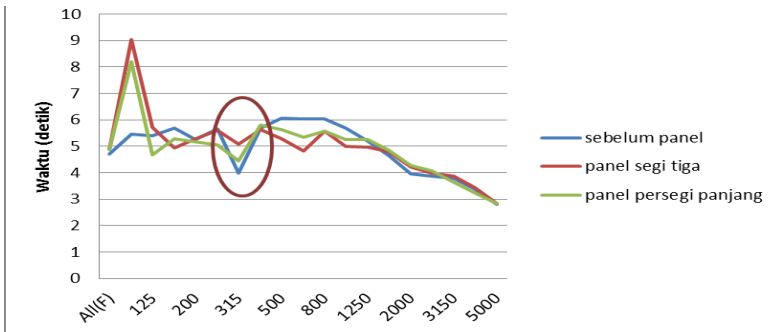
4.3.3 Perbandingan waktu dengung sebelum dan sesudah dipasang panel

Dari data yang didapat maka dapat dibandingkan nilai waktu dengung dari dari ruang gema Fisika ITS sebelum diberi panel dengan sesudah diberi panel segi tiga dan persegi panjang, kususnya pada titik 4.



Gambar 4.9 Perbandingan Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 315 Hz.

Pada **Gambar 4.10** dapat dilihat bahwa pada frekuensi 315 Hz terjadi kenaikan nilai waktu dengung setelah diberi panel reflektor, dengan nilai tertinggi diberikan dari penggunaan panel reflektor berbentuk segi tiga. Bahkan pada grafik 4.3 terlihat bahwa terjadi kenaikan nilai waktu dengung yang sangat mencolok pada frekuensi 125 Hz untuk kedua panel.



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Nilai Waktu Dengung pada Titik 4 dalam Ruang Gema ITS

Dari gambar 4.12 diatas juga dapat dilihat bahwa panel reflektor hanya dapat meningkatkan waktu dengung di frekuensi rendah tetapi kurang bagus untuk frekuensi menengah. Ini dapat dilihat dari grafik 4.3 diatas untuk nilai waktu dengung dari frekuensi sekitar 1000 Hz mengalami penurunan nilai. Penurunan nilai dari waktu dengung ini sendiri tidak membuat nilai waktu dengung ruangnya turun hingga dibawah dari nilai waktu dengung yang disarankan, sehingga penurunan nilai waktu dengungnya dapat diabaikan.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa penggunaan panel reflektor berbentuk segi tiga lebih baik dari pada panel reflektor berbentuk persegi panjang. ini dapat dilihat dari kenaikan nilai waktu dengung pada panel segi tiga lebih tinggi nilainya dibanding panel persegi panjang untuk sebagian besar frekuensi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam Tugas Akhir ini ada beberapa hal, yaitu:

1. Distribusi intensitas suara di ruang gema Fisika ITS adalah medan difuse.
2. Waktu dengung rata - rata di ruang gema Fisika ITS adalah 4.91 detik
3. Penambahan panel reflektor berbentuk segi tiga tidak merubah distribusi intensitas suara di ruang gema Fisika ITS dengan waktu dengung rata – rata 5.109 detik.
4. Penambahan panel reflektor berbentuk persegi panjang tidak merubah distribusi intensitas suara di ruang gema Fisika ITS dengan waktu dengung rata – rata 4.90 detik
5. Peningkatan waktu dengung paling maksimal untuk ruang gema Fisika ITS yaitu menggunakan panel segi tiga yaitu sebesar 20%

5.2 Saran

Saran yang disampaikan penulis adalah melakukan penambahan material reflektor dengan berbagai bentuk, ukuran serta posisi agar jumlah pantulan yang terjadi menjadi lebih banyak. Pada akhirnya akan menurunkan nilai RT dan menjadikan distribusi SPL menjadi lebih merata. Selain itu renovasi ulang pada ruang gema Fisika ITS berupa pergantian material pada atap ruang gema Fisika ITS menjadi tembok beton agar meminimalisir nilai koefisien absorpsi sehingga dapat meningkatkan nilai waktu dengung ruangan tersebut walau tidak dipasang panel reflektor.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Asmoro, W. 2007. *The Determination of Acoustical Absorbing Materials in The Al-Marwah Room of Al Akbar Mosque in Surabaya using Objective Parameters Approximation*. Majalah IPTEK.

Dolle, L.Leslie. 1972. *Akustik Lingkungan*. Erlangga. Jakarta.

<http://www.podcomplex.com/guide/physics.html> diakses pada 19:21 11/01/2017.

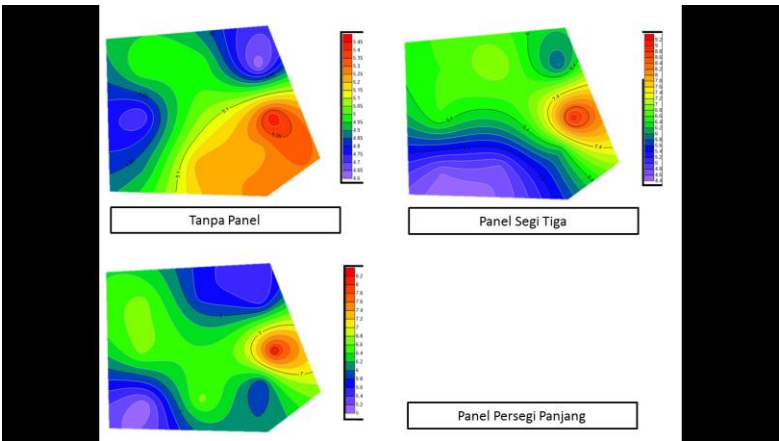
ISO 354. 2003. *Acoustics Measurement of sound absorption in a reverberation room*. Hyundai Heavy Industries CO., LTD.

Prasetyo, Lea. 2003. *Akustik*. Diktat Jurusan Fisika ITS. Surabaya.

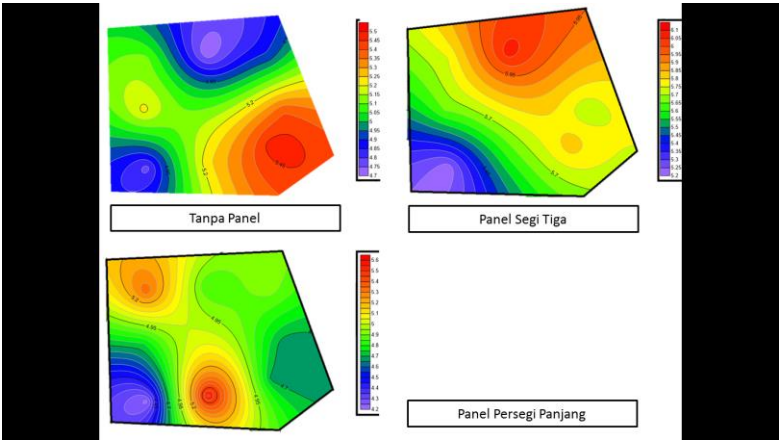
Prasetyo, Lea. 2003. *Fisika Bangunan*. Diktat Jurusan Fisika ITS. Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

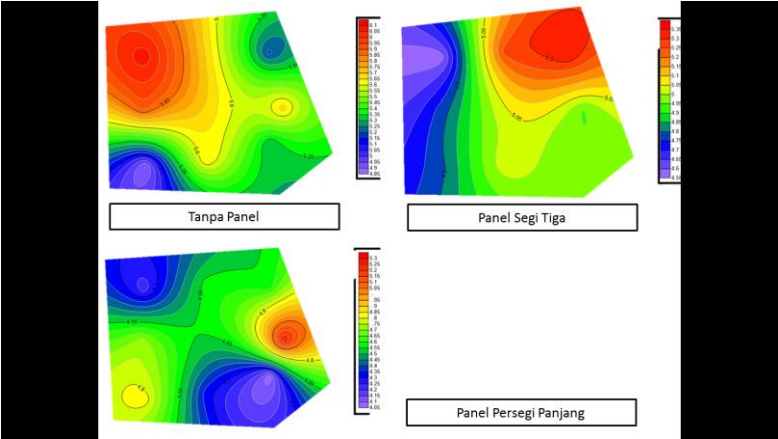
LAMPIRAN



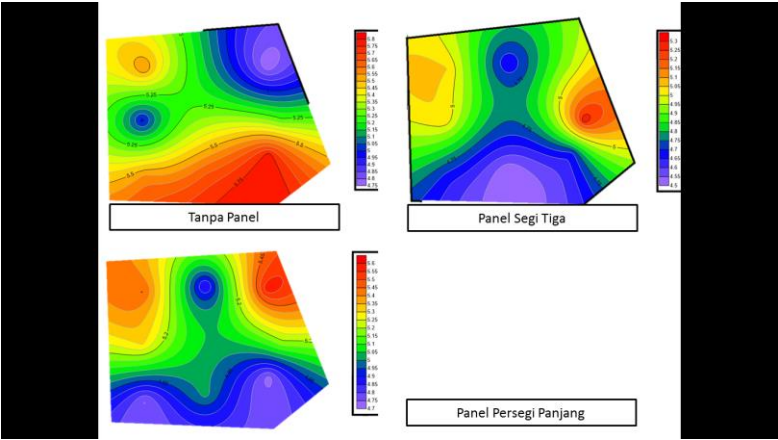
Lampiran 1 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 100Hz



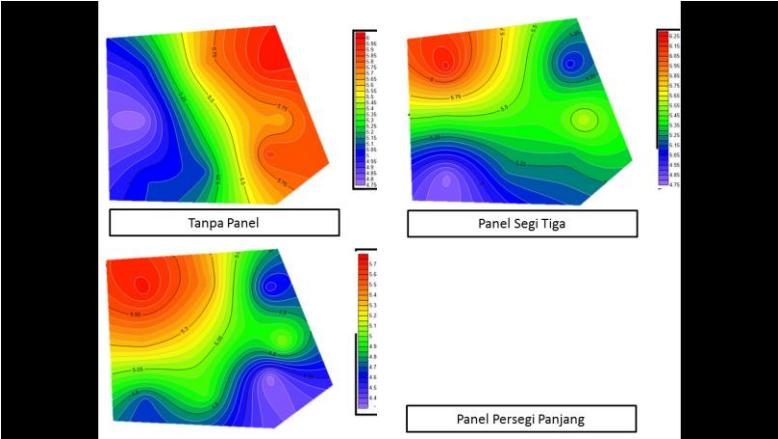
Lampiran 2 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 125Hz



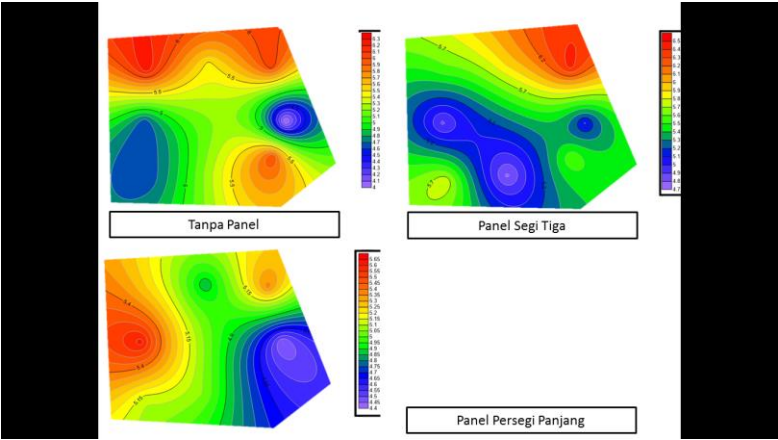
Lampiran 3 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 160Hz



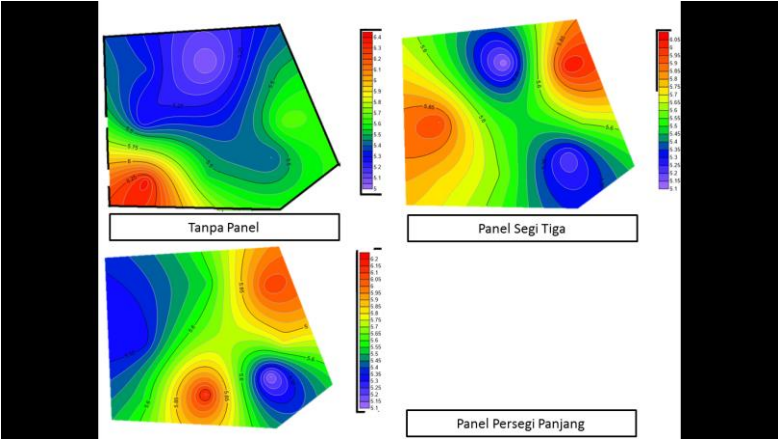
Lampiran 4 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 200Hz



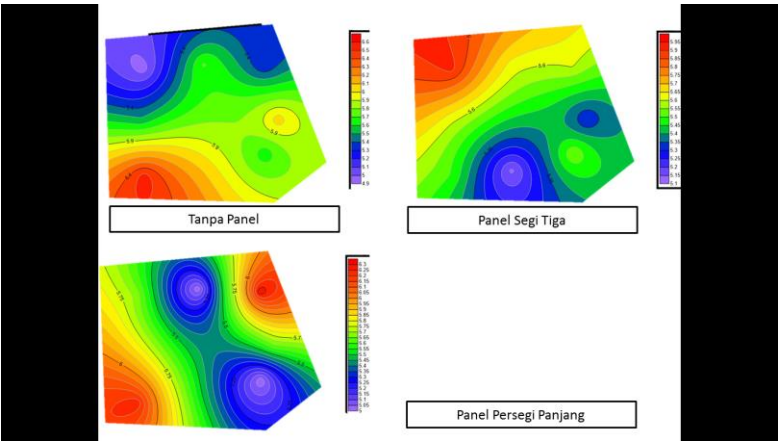
Lampiran 5 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 250Hz



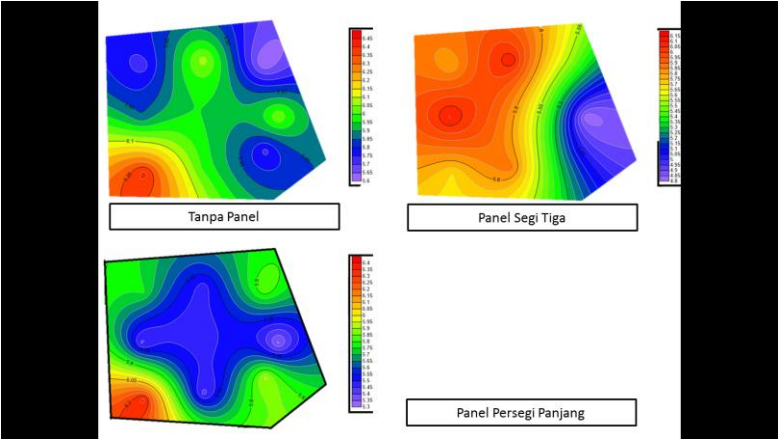
Lampiran 6 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 315Hz



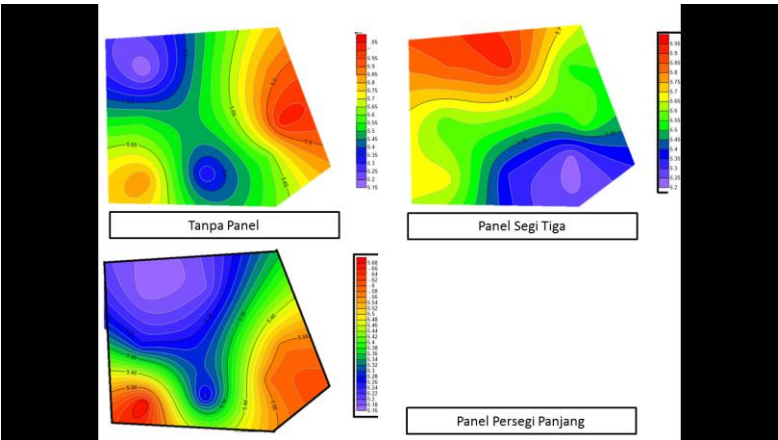
Lampiran 7 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 400Hz



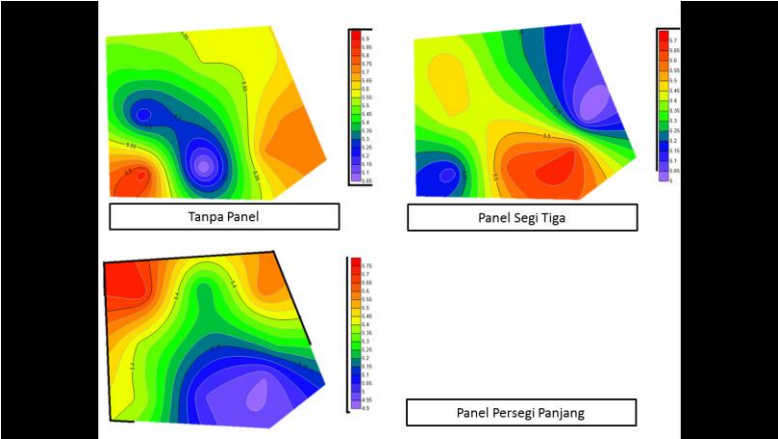
Lampiran 8 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 500Hz



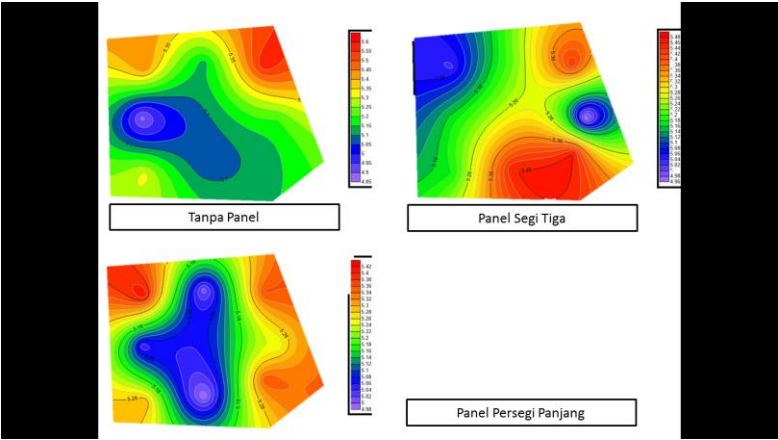
Lampiran 9 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 630Hz



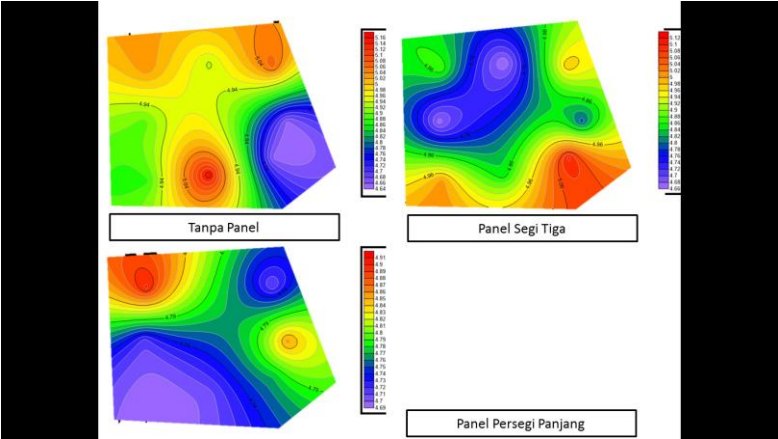
Lampiran 10 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 800Hz



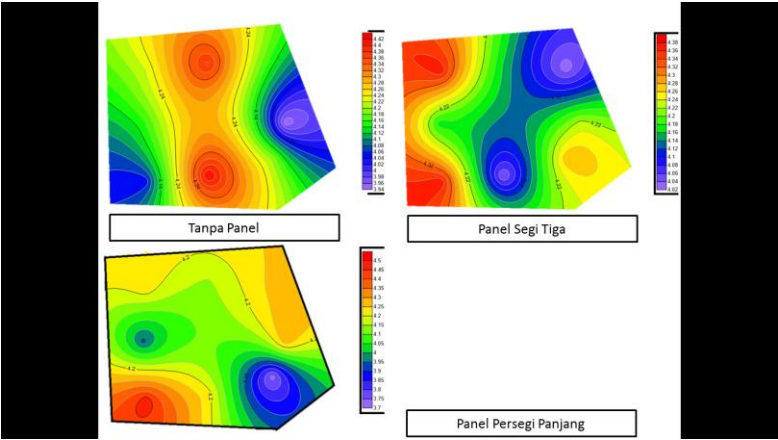
Lampiran 11 Plot Nilai Waktu Dukung pada Frekuensi 1000Hz



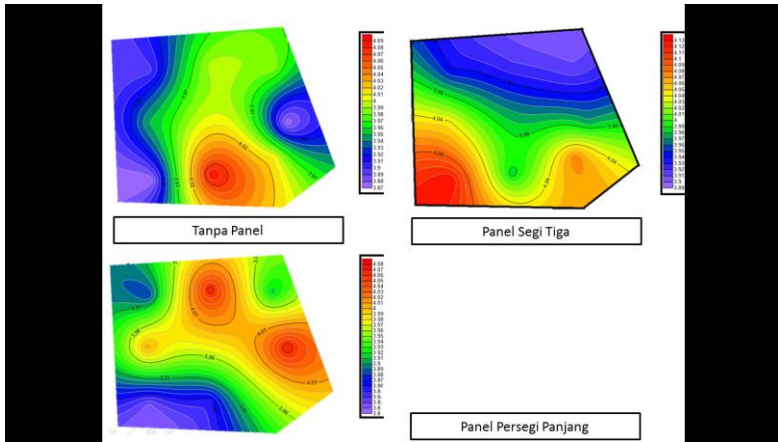
Lampiran 12 Plot Nilai Waktu Dukung pada Frekuensi 1250Hz



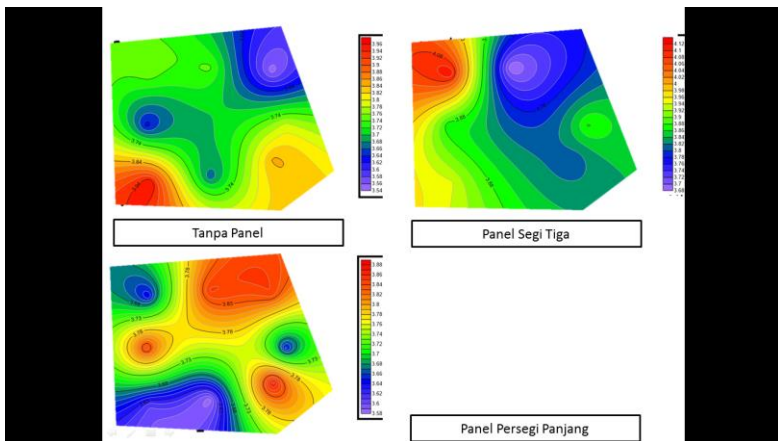
Lampiran 13 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 1600Hz



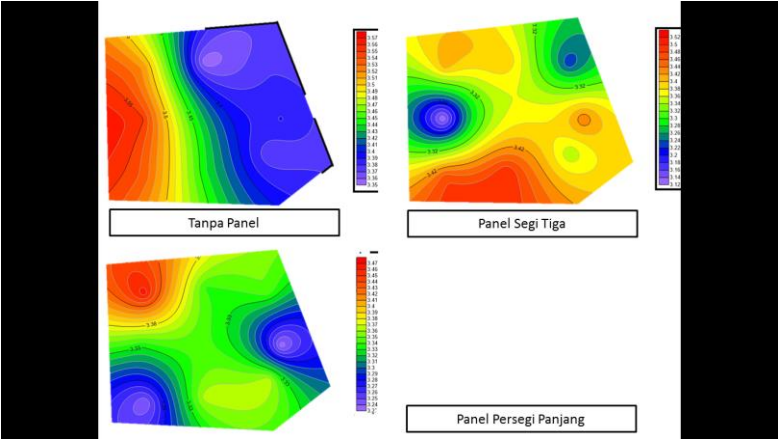
Lampiran 14 Plot Nilai Waktu Dengung pada Frekuensi 2000Hz



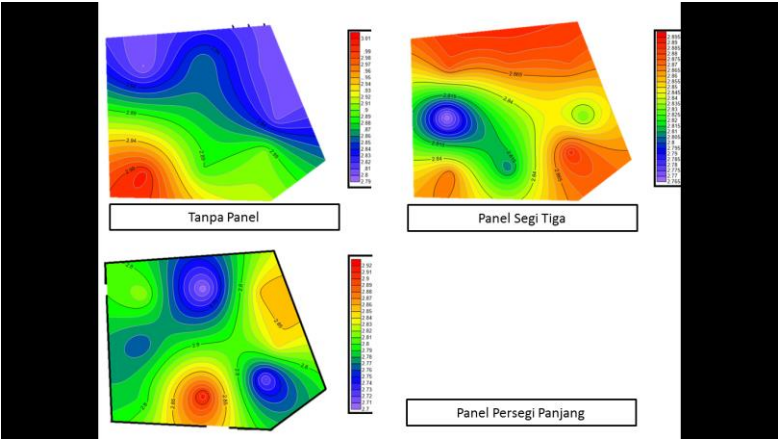
Lampiran 15 Plot Nilai Waktu Dukung pada Frekuensi 2500Hz



Lampiran 16 Plot Nilai Waktu Dukung pada Frekuensi 3150Hz



Lampiran 17 Plot Nilai Waktu Dukung pada Frekuensi 4000Hz



Lampiran 18 Plot Nilai Waktu Dukung pada Frekuensi 5000Hz

Lampiran 19 Persamaan Hubungan Perubahan Energi dengan Amplitudo

- $Ek = \frac{1}{2}mv^2$

$$Ek = \frac{1}{2}m \left(\frac{dy}{dt} \right)^2$$

$$Ek = \frac{1}{2}m \left(\frac{d(A \sin \omega t)}{dx} \right)^2$$

$$Ek = \frac{1}{2}m (A \omega \cos \omega t)^2$$

$$Ek = \frac{1}{2}A^2m\omega^2 \cos^2 \omega t$$

$$Ek = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2 \omega t$$

- $Ep = \frac{1}{2}kA^2 \sin^2 \omega t$

- $E \text{ total} = Ek + Ep$

$$E \text{ total} = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2 \omega t + \frac{1}{2}kA^2 \sin^2 \omega t$$

$$E \text{ total} = \frac{1}{2}kA^2 (\cos^2 \omega t + \sin^2 \omega t)$$

$$E \text{ total} = \frac{1}{2}kA^2 \cdot 1$$

$$E \text{ total} = \frac{1}{2}kA^2$$

Keterangan :

E total = Energi total (Joule)

Ek = Energi kinetik (Joule)

Ep = Energi Potensial (Joule)

A = Amplitudo (meter)



BIODATA PENULIS

Muchammad Akhirul Akbar, lahir pada Kamis, 25 Agustus 1994 di Mojokerto, Jawa Timur. Merupakan anak ke tiga dari empat bersaudara. Menempuh pendidikan jenjang awal di SD Negeri Bangsal 1 pada tahun 2000-2006. Kemudian melanjutkan studi di SMP Negeri 1 Bangsal, Mojokerto pada tahun 2006-2009. Kemudian melanjutkan studi di SMA Negeri 1 Mojosari, Mojokerto pada tahun 2009-2012. Meneruskan pendidikan S1 di jurusan fisika FMIPA ITS pada tahun 2011. Selama menjalani jenjang S1, penulis aktif mengikuti kegiatan keorganisasian. Menjadi sekretaris di Unit Kegiatan Musik ITS pada periode 2013-2014, serta menjadi ketua Unit Kegiatan Musik ITS pada periode 2014-2015.

Harapan pribadi dari penulis adalah mampu menjadi wirausaha yang mampu menunjang kemajuan Negara Indonesia.
(aa_akhirul@yahoo.co.id)